



⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 31 21 968.3-13  
3. 6. 81  
5. 1. 83

㉗ Anmelder:  
Grönecke, Otto, 2000 Hamburg, DE

㉘ Erfinder:  
gleich Anmelder

㉙ Recherchenergebnis:  
NICHTS-ERMITTELT

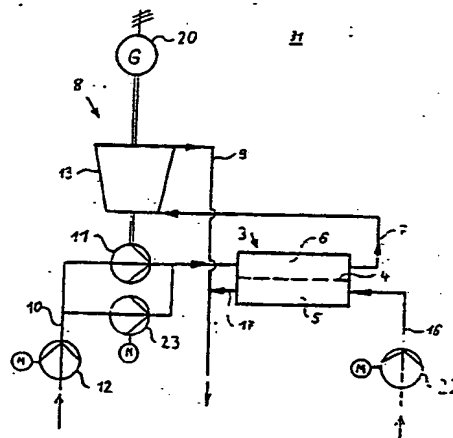
DE 31 21 968 A 1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉚ Verfahren zur Erzeugung eines Druckgefälles in einem Fluid und Anlage zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Druckgefälles in einem Fluid, mit dem Arbeits- oder Kraftmaschinen beaufschlagt werden, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens. Nach dem Verfahren werden zwei Fluide unterschiedlicher Konzentration an jeweils einer Seite einer semipermeablen Trennwand vorbeigeleitet, wobei das Fluid höherer Konzentration unter einem vorgegebenen hydrostatischen Druck steht. Durch Osmosevorgänge in Folge Aufnahme von Lösungsmittel aus dem Fluid geringerer Konzentration wird das Fluid höherer Konzentration unter Massezunahme verdünnt und dann der Druck durch Expansion des Fluids mit der anfangs höheren Konzentration in einer Arbeits- oder Kraftmaschine bis auf ein vorgegebenes Niveau abgesenkt. Eine zur Durchführung dieses Verfahrens dienende Anlage besteht aus mindestens einem Reaktionsbehälter (13), der mittels einer semipermeablen Trennwand (4) in zwei Teilkammern (5, 6) unterteilt ist. Die eine Teilkammer wird von dem Fluid größerer Konzentration und die andere Teilkammer von dem Fluid geringerer Konzentration durchströmt. Die von dem Fluid mit geringerer Konzentration durchströmte Teilkammer (6) ist an ihrem Ausgang (7) mit Energieerzeugungseinrichtungen (8) verbunden. Ferner ist ein Kanal (9) für das der Energieerzeugungseinrichtung (8) und einer Abflußleitung (17) für das aus der Teilkammer (5) austretende Fluid vorgesehen.

(31 21 968)



DE 31 21 968 A 1

3121968

DR.-ING. J. SCHMIDT-BOGATZKY

P. A. T. E. N. T. A. N. W. A. L. T.

ZUGELASSENER VERTRETER BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT · ADMITTED REPRESENTATIVE BEFORE THE EPO

Anm.: Otto Grönecke  
2000 Hamburg 54

D-2100 HAMBURG 90 (HARBURG)  
SCHLOSS MOHLENDAMM 4  
TELEFON: 040 - 77 77 34

Bez.: Verfahren zur Erzeugung eines  
Druckgefälles in einem Fluid  
und Anlage zur Durchführung  
des Verfahrens

AKTEN-NR.: GRD 81049 P

IHR ZEICHEN:

### P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Erzeugung eines Druckgefälles in einem Fluid, mit dem Arbeits- oder Kraftmaschinen beaufschlagt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Fluide unterschiedlicher Konzentration an jeweils einer Seite einer semipermeablen Trennwand vorbeigeleitet werden, wobei das Fluid höherer Konzentration unter einem vorgegebenen hydrostatischen Druck steht, durch Osmosevorgänge infolge Aufnahme von Lösungsmittel aus dem Fluid geringerer Konzentration unter Massezunahme verdünnt und dann der Druck durch Expansion des Fluids mit der anfangs höheren Konzentration in einer Arbeits- oder Kraftmaschine bis auf ein vorgegebenes Niveau abgesenkt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Fluide Stofflösungen verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der einen Seite oder auf beiden Seiten der semipermeablen Trennwand als Fluid reine Stoffe verwendet werden.

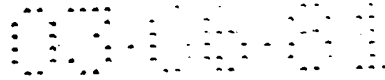
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid höherer Konzentration vor dem Vorbeiströmen an der semipermeablen Trennwand erwärmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß durch Wärmeeinwirkung, wie z. B. Sonneneinstrahlung, Abwärme und dergleichen und/oder Verdunstung des Wasseranteils an der Atmosphäre Salzwasser, verdünnte Säure, verdünnte Base od. dgl. eingedampft und dann mit einer Lösung geringerer Konzentration an einer semipermeablen Trennwand in Kontakt gebracht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Salzwasser, die verdünnte Säure, verdünnte Base od. dgl., bis zur Sättigungskonzentration eingedampft wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dampfförmige Phase gesammelt und zur Vorwärmung nachgespeister Lösung mit niedriger Konzentration verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die konzentriertere Lösung zum Ausgleich von tageszeitlichen oder jahreszeitlichen Konzentrationsunterschieden in Zwischenspeichern gelagert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 4 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Lösung geringerer Konzentration Wasser wie Meerwasser, Flußwasser, Zysternenwasser, Schmelzwasser od. dgl. verwendet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 4 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Lösung höherer Konzentration Meerwasser, Wasser aus Salzseen, aus Salzlagerstätten gewonnene Sole, Abwässer aus

Industrie und Landwirtschaft, Sole aus Meerwasserentsalzungsanlagen od. dgl. verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1 und 3 zum Antrieb von Wärmepumpen in Heizungsanlagen, dadurch gekennzeichnet, daß eine fluide Lösung durch Sonneneinstrahlung in eine konzentrierte Phase und eine weniger konzentrierte Phase entmischt und in voneinander getrennten Speichern gesammelt wird, daß bei Energiebedarf die Phasen an einer semipermeablen Trennwand vorbeigeführt und durch den durch Osmosevorgänge entstehenden Druck die Antriebseinrichtung einer in die Heizungsanlage integrierten Wärmepumpe betrieben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Phase höherer Konzentration vor dem Vorbeiströmen an der semipermeablen Membranwand durch Heizungswasser erwärmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das anfangs stärker konzentrierte Fluid nach seiner Verdünnung und nachfolgender Druckentspannung in einer Energieerzeugungseinrichtung einer weiteren semipermeablen Trennwand zugeführt und dort mit einem weiteren Teil konzentrierten Fluides in Wirkverbindung gebracht und dann einer weiteren Arbeits- oder Kraftmaschine zum Abbau des durch Osmosevorgänge entstandenen Arbeitsvermögens zugeführt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das anfangs weniger konzentrierte Fluid während des Vorbeiströmens an der semipermeablen Trennwand durch Entzug von Lösungsmittel konzentriert wird, nach einer hydrostatischen

Druckerhöhung einer weiteren semipermeablen Trennwand zugeführt, dort mit einem weiteren Teil weniger konzentrierten Fluides in Wirkverbindung gebracht und dann einer weiteren Arbeits- oder Kraftmaschine zum Abbau des durch Osmosevorgänge entstandenen Arbeitsvermögens zugeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluide nach dem Vorbeiströmen an der ersten semipermeablen Trennwand und nachfolgender Entspannung in einer Kraft- oder Arbeitsmaschine wechselweise in mehreren Stufen als höher konzentriertes Fluid und niedriger konzentriertes Fluid verwendet werden.
16. Verfahren nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das höher konzentrierte unter hydrostatischem Druck stehende Fluid in mehreren aufeinander folgenden Stufen an einer semipermeablen Trennwand verdünnt und dann in einer Kraft- oder Arbeitsmaschine teilweise entspannt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Verfahrenstufen beliebig miteinander kombinierbar sind.
18. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluid höherer Konzentration im Bereich der semipermeablen Trennwand im Gegenstrom zum Fluid geringerer Konzentration geführt wird.
19. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch mindestens einen Reaktionsbehälter (3), der mittels einer semipermeablen Trennwand (4) in zwei Teilkammern (5, 6) unterteilt ist, von denen die eine von einem Fluid größerer Konzentration und die andere von einem Fluid



geringerer Konzentration durchströmbar ist, einer mit dem Ausgang (7) der Teilkammer (6) verbundenen Energieerzeugungseinrichtungen (8) und einem Kanal (9) für aus der Energieerzeugungseinrichtung (8) und einer Abflußleitung (17) für das aus der Teilkammer (5) austretende Fluid.

20. Anlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (9, 17) mit einem Sammelkanal in Wirkverbindung sind.
21. Anlage nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vorlaufleitung (10) für das Fluid höherer Konzentration eine Pumpe (11) od. dgl. als Druckerhöhungseinrichtung angeordnet ist, wodurch die im Reaktionsbehälter (3) sich verdünnende und über die Energieerzeugungseinrichtung (8) abfließende Lösung zur Ausbildung eines stationären Betriebes laufend ergänzt wird.
22. Anlage nach Anspruch 17 und 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieerzeugungseinrichtung (8) als Turbine oder Kolbenmaschine ausgebildet ist.
23. Anlage nach Anspruch 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Beipfaß parallel zur Pumpe (11) eine Anfahrpumpe (23) angeordnet ist.
24. Anlage nach Anspruch 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vorlaufleitung (10) für die höher konzentrierte Lösung eine Vorpumpe (12) und/oder in der Anschlußleitung (16) für die niedriger konzentrierte Lösung eine Vorpumpe (22) angeordnet ist.
25. Anlage nach Anspruch 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die semipermeable Trennwand (4) rohrförmig oder schlauch-

geringerer Konzentration durchströmbar ist, einer mit dem Ausgang (7) der Teilkammer (6) verbundenen Energieerzeugungseinrichtungen (8) und einem Kanal (9) für aus der Energieerzeugungseinrichtung (8) und einer Abflußleitung (17) für das aus der Teilkammer (5) austretende Fluid.

26. Anlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (9, 17) mit einem Sammelkanal in Wirkverbindung sind.
27. Anlage nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vorlaufleitung (10) für das Fluid höherer Konzentration eine Pumpe (11) od. dgl. als Druckerhöhungseinrichtung angeordnet ist, wodurch die im Reaktionsbehälter (3) sich verdünnende und über die Energieerzeugungseinrichtung (8) abfließende Lösung zur Ausbildung eines stationären Betriebes laufend ergänzt wird.
28. Anlage nach Anspruch 17 und 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieerzeugungseinrichtung (8) als Turbine oder Kolbenmaschine ausgebildet ist.
29. Anlage nach Anspruch 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Beipß parallel zur Pumpe (11) eine Anfahrpumpe (23) angeordnet ist.
30. Anlage nach Anspruch 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vorlaufleitung (10) für die höher konzentrierte Lösung eine Vorpumpe (12) und/oder in der Anschlußleitung (16) für die niedrig konzentrierte Lösung eine Vorpumpe (22) angeordnet ist.
31. Anlage nach Anspruch 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die semipermeable Trennwand (4) rohrförmig oder schlauch-

3121968

-7-

03.05.81

förmig ausgebildet ist.

32. Anlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre oder Schläuche als Rohrbündel ausgebildet sind.
33. Anlage nach Anspruch 25 und 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohr- oder Schlauchwandungen aus einem reinen Stoff oder einem Verbundwerkstoff ausgebildet sind.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Druckgefälles in einem Fluid, mit dem Arbeits- oder Kraftmaschinen beaufschlagt werden, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gattungsgemäßes Verfahren zu schaffen, bei dem durch Ausnutzung von Konzentrationsunterschieden in Fluiden in diesen ein Druckgefälle erzeugt wird, das zum Antrieb von Arbeits- oder Kraftmaschinen verwendet werden kann. Ferner soll eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens ausgebildet werden.

Erfindungsgemäß erfolgt die Lösung der Aufgabe dadurch, daß zwei Fluide unterschiedlicher Konzentration an jeweils einer Seite einer semipermeablen Trennwand vorbeigeleitet werden, wobei das Fluid höherer Konzentration unter einem vorgegebenen hydrostatischen Druck steht, durch Osmosevorgänge infolge Aufnahme von Lösungsmittel aus dem Fluid geringerer Konzentration unter Massezunahme verdünnt und dann der Druck durch Expansion des Fluids mit der anfangs höheren Konzentration in einer Arbeits- oder Kraftmaschine bis auf ein vorgegebenes Niveau abgesenkt wird.

In einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung besteht die Anlage zur Durchführung des Verfahrens aus mindestens einem Reaktionsbehälter, der mittels einer semipermeablen Trennwand in zwei Teilkammern unterteilt ist, von denen die eine von einem Fluid größerer Konzentration und die andere von einem Fluid geringerer Konzentration durchströmbar ist, einer mit dem Ausgang der Teilkammer verbundenen Energieerzeugungseinrichtung und einem Kanal für das aus der einen Teilkammer austretende angereicherte Fluid. Die zur Teilkammer und der

Energieerzeugungseinrichtung ausgangsseitigen Kanäle können auf einen Sammelkanal geführt werden.

Weitere Merkmale der Erfindung werden in den Unteransprüchen beschrieben sowie nachstehend näher erläutert. Ausführungsbeispiele von Anlagen gemäß der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anlage in einem Blockschaltbild

Fig. 2 weitere Ausbildungen von Anlagen in Block-  
bis 5 schaltbildern

Die in Fig. 1 dargestellte Anlage 31 weist einen Reaktionsbehälter 3 sowie eine Energieerzeugungseinrichtung 8 auf. Der Reaktionsbehälter 3 ist längsseitig mittels einer semipermeablen Trennwand 4 in zwei Teilkammern 5, 6 unterteilt. Der einen Teilkammer 5 wird über eine Anschlußleitung 16 Süßwasser zugeführt, das nach Durchströmen der Teilkammer 5 über eine Abflußleitung 17 einem Sammelkanal zuströmt. Der Teilkammer 6 wird über eine Vorlaufleitung 10 und eine Pumpe 11 konzentriertes Fluid, wie z.B. Salzwasser, zugeführt. Der Ausgang der Teilkammer 6 ist mittels einer Verbindungsleitung 7 mit der als Turbine 13 ausgebildeten Energieerzeugungseinrichtung 8 verbunden, welcher in diesem Fall in einen Sammelkanal einmündet. Das in die Teilkammer 6 einströmende höher konzentrierte Fluid wird im Gegenstrom zu dem in die Teilkammer 5 einströmenden Süßwasser entlang der semipermeablen Trennwand 4 geführt. Hierbei durchdringen Lösungsmittelmoleküle von dem in der Teilkammer 5 befindlichen Fluid die semipermeable Trennwand 4 und verdünnen das Fluid in der Teilkammer 6, während das in der Teilkammer 5 befindliche Fluid konzentriert wird.

Kennzeichnendes Merkmal der Anlage 31 ist, daß auf der Seite der Teilkammer 6 ein vorgewählter hydrostatischer Druck herrscht. Dieser Druck wird durch Regelungsvorgänge dadurch eingehalten, daß mit der Pumpe 11 ständig konzentrierte Lösung gegen den Kammerdruck der Teilkammer 6 nachgespeist wird, während die abfließende sich verdünnende Lösung dieser Teilkammerseite sich geregelt über die Turbine 13 entspannt, welche beispielsweise zur Stromerzeugung mit einem Generator 20 verbunden ist. Dabei ist es zweckmäßig, wenn die Pumpe 11, wie dargestellt, direkt von der Turbine 13 angetrieben wird, und die Energieübertragungsverluste klein zu halten.

Der osmotische Druck in der Teilkammer 6 kann dadurch erhöht werden, daß das in der Teilkammer 6 befindliche Fluid erwärmt wird. Dieses kann in einem Vorerhitzer geschehen, wobei zur Erwärmung auch Sonnenenergie, Abwärme aus thermischen Kraftwerken oder Industrie und dgl. verwandt werden kann.

Besonders bei Ausnutzung der Konzentrationsunterschiede zwischen Meerwasser und Flußwasser oder Schmelzwasser - auch an den Polen - kann es zweckmäßig sein, mindestens einander beiden beteiligten Wasserströme über größere Entfernungen in Kanälen oder Rohrleitungen unter Umgehung der Brackwasserzone fortzuleiten. Die dabei auftretenden Strömungsverluste müssen dann durch Niveaudifferenzen im Wasserspiegel oder durch Pumpen 12, 22 aufgebracht werden.

Die dargestellte Anlage 31 wird im Normalfall nicht aus eigener Kraft anlaufen können. Hierzu wäre es z.B. erforderlich, den Block Pumpe 11 -Turbine 13- Generator 20 durch

eine Drehvorrichtung anzuwerfen. Das Anfahren kann aber noch besser durch eine separate Anfahrpumpe 23 bewirkt werden. Diese durch Fremdenergie angetriebene Anfahrpumpe 23 speist die konzentriertere Lösung in die Teilkammer 6 ein. Dadurch entsteht ein Konzentrationsunterschied in den Teilkammern 5 und 6. Durch Osmosevorgänge nehmen Masse und Volumen in der Teilkammer 6 zu, wodurch der Druck hier sehr schnell steigt und über die Turbine 13 expandiert werden kann. Der Block Pumpe 11 -Turbine 13- Generator 20 läuft an, die Pumpe 11 übernimmt die Lösungsnachspeisung und die Anfahrpumpe 23 kann abgeschaltet werden.

In Fig. 2 ist eine weitere Anlage 32 dargestellt, die gegenüber der Anlage 31 zwei Reaktionsbehälter 3, 3a aufweist. Die Energieerzeugungseinrichtung 8 besteht ebenfalls aus zwei Turbinen 13 und 13a. Bei dieser Ausbildung der Anlage 32 ist somit durch geeignete Wahl der Betriebsdrücke ein Hochdruckteil und ein Niederdruckteil möglich. Der Rücklauf 15, der von dem Reaktionsbehälter 3 beaufschlagten Turbine 13 ist mit einem weiteren Reaktionsbehälter 3a verbunden, der über eine Verbindungsleitung 7a mit der zweiten Turbine 13a verbunden ist. Der Ausgang dieser zweiten Turbine 13a ist an den Kanal 9 angeschlossen, an dem auch jeweils die Rücklaufleitungen 21 und 17 der Teilkammern 5 und 5a der Reaktionsbehälter 3, 3a angeschlossen sein können. Durch diese Ausbildung der Anlage 32 ist es möglich, die Konzentrationsunterschiede zwischen den verwendeten Fluiden stärker auszunutzen, als es mit der Anlage 31 möglich ist.

In Fig. 3 ist eine weitere Anlage 33 dargestellt, die im Gegensatz zur Anlage 32 die sich aufkonzentrierende, anfangs niedrig konzentrierte Lösung, aus der Teilkammer 5 über die Anschlußleitung 17a einer weiteren Verfahrensstufe zuleitet.

Wird eine Druckstufung derart gewählt, daß der Druck in der 1. Stufe höher ist, als in der 2. Stufe, so kann bei nur teilweiser Entspannung in der ersten Turbine 13 auf eine zweite Pumpe 12 verzichtet werden. In Fig. 4 ist eine solche Anlage 34 dargestellt.

In Fig. 5 ist eine Anlage 35 dargestellt, bei der das anfangs dünnere und sich im Verlaufe des Prozesses konzentrierende Fluid der nächsten Stufe nach Beimischung von ursprünglichem konzentriertem Fluid als das konzentriertere Fluid zugeführt wird, während das in der 1. Stufe anfangs konzentriertere Fluid nach seiner Verdünnung und Entspannung der 2. Stufe als das dünnere Fluid dient.

Weitere Schaltungsvarianten, insbesondere auch Kombinationen zwischen den hier ausgewählten Beispielen sowie Erweiterungen um zusätzliche Verfahrensstufen sind denkbar und möglich, können hier jedoch nicht alle aufgeführt werden. Im speziellen Anwendungsfall muß eine Optimierung nach verschiedenen Gesichtspunkten, wie z.B. Menge und Konzentration der verfügbaren Fluide, deren Gehalt an störenden Schmutzpartikeln, gewünschter Leistungsgröße, Kostengünstigkeit, Betriebssicherheit usw., erfolgen. Ebenso muß eine Optimierung den zu wählenden Betriebsdruck bzw. die Betriebsdrücke beinhalten.

In den Beispielen sind alle Anlagen als Ein-Wellen-Maschinen dargestellt; genauso sind auch Ausführungen als Mehr-Wellen-Maschinen mit mehreren Generatoren und separaten Pumpen möglich. Weiterhin fehlen in allen Beispielen zur Vereinfachung der Darstellung die zur Prozeßführung erforderlichen Absperr-, Regel- und Sicherheitsarmaturen, sowie die notwendigen Meßwertgeber, Meßwertverarbeitungs- und Regeleinrichtungen, die an sich bekannt sind.

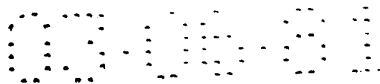
Das erfindungsgemäße Verfahren kann vielfach angewendet werden. So ist es möglich, an Flußmündungen am Meer Kraftwerke zu erstellen. bei denen der Unterschied im Salzgehalt zwischen Flußwasser und Meerwasser ausgenutzt wird. Ebenso ist es möglich, dort, wo aus Industrie, Bergbau, Kläranlagen, Landwirtschaft u.dgl. Abwässer anfallen, die einen hohen osmotischen Druck gegenüber Vorflutergewässern wie Seen, Flüssen, Meeren, haben, nach dem erfindungsgemäßen Prinzip arbeitenden Kraftwerke zu erstellen. Hierbei ist von Vorteil, daß die Abwässer im Regelfall ohnehin verdünnt werden müssen, was als Nebenprodukt bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt.

Es ist auch möglich, in Umkehrosmoseanlagen, wie sie zur Meerwasserentsalzung genutzt werden, eine Energierückgewinnung durchzuführen. Die dort abgezogene Sole wird dann nur teilweise entspannt und auf etwas niedrigerem Druckniveau ist dann die Wasseraufnahme der Sole durch semipermeable Trennwände möglich. Der Energiegewinn ist hierbei der aufgenommenen Wassermenge proportional, wobei auch eine mehrstufige Entspannung und Verdünnung zweckmäßig sein kann. Die Sole thermischer Meerwasserentsalzungsanlagen kann ebenfalls zur Energieerzeugung bzw. Energierückgewinnung eingesetzt werden.

Zusätzlich kann bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die Sonnenenergie berücksichtigt werden. So ist es möglich, durch Sonneneinstrahlung Salzwasser, verdünnte Säure, verdünnte Base oder eine sonstige Stoffpaarung in Lösungsform z.B. bis zur Sättigungskonzentration einzudampfen. Die dampfförmige Phase wird dann niedergeschlagen und dient zur Vorwärmung nachgespeister Lösung mit niedrigerer Konzentration. Die warme konzentrierte Lösung wird aus

der Eindampfanlage abgezogen. Der hohe osmotische Druckunterschied zwischen der warmen konzentrierten Lösung und dem niedergeschlagenen und zusätzlich abgekühlten Lösungsmittel kann zur Energiegewinnung herangezogen werden. In Abwandlung dieses Prinzips kann die niedergeschlagene Dampfphase auch als Trinkwasser Verwendung finden. Die zum Betrieb dieser Anlagen notwendige Energie zur Umwälzung der Stoffströme und zur Druckerhöhung kann fortlaufend aus der Energieerzeugung gedeckt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Energiegewinnung kann dadurch erschlossen werden, daß Meerwasser der Sonneneinstrahlung und zusätzlich der Atmosphäre zur Verdunstung ausgesetzt wird, eventuell unterstützt durch Verrieselungseinrichtungen und Einrichtungen zur Luftführung. Durch die Verdunstung erfährt das Meerwasser eine Konzentrierung und kann dann mit nicht aufkonzentriertem Meerwasser oder noch effektvoller mit Süßwasser an Flußmündungen in Wirkverbindung zur Energieerzeugung treten. Sinnvollerweise wird man die sich aus der anfangs weniger konzentrierten Lösung bildende Sekundärsole oder die über die Turbine entspannte anfangs konzentriertere Lösung anschließend der Verdunstungseinrichtung zuführen und nicht mehr das relativ niedrig konzentrierte Meerwasser verwenden. Die zur Verdunstung erforderliche Wärme wird der Luft entzogen und letztlich durch Sonnenenergie aufgebracht. Bei dem vorgeschlagenen Prinzip wird aber die großflächig einfallende Sonnenenergie ohne besondere Sammeleinrichtung auf relativ kleiner Grundfläche umgesetzt und funktioniert auch bei Dunkelheit, solange kein Nebel auftritt. Zudem kann durch Zwischenspeicher ein Tag-Nacht-Ausgleich geschaffen werden. Abwärme aus thermischen Kraftwerken oder aus der Industrie kann ebenso zur Herstellung von Lösungskonzentraten herangezogen werden.



Das beschriebene Verdunstungsprinzip eignet sich auch zum Antrieb von Schiffen. Hierbei wird man die unter Druck stehende Lösung nur soweit entspannen, wie Energie zum Betrieb der Druckerhöhungspumpe und evtl. Umwälzpumpen gebraucht wird, die Lösung dann evtl. weiter verdünnen und über Düsen ausströmen lassen, um das Schiff mittels Rückstoß anzutreiben. Denkbar ist es auch, ein Segel zum einen für die Vortriebskräfte des Windes zu nutzen und zum anderen als Verdunstungsfläche zu verwenden, an der sich der Wind mit Wasser anreichern kann, so daß sich die zurückbleibende Lösung aufkonzentriert und dann zum Antrieb verwendet werden kann.

Es ist auch möglich, das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb von Wärmepumpen für die Gebäudeheizung anzuwenden. Während der Sommermonate können die Stoffpaare durch die Sonneneinstrahlung, wie vorab beschrieben, entmischt und getrennt und dann bis zum Einsetzen der Heizperiode gespeichert werden. Zu diesem Zeitpunkt werden die Stoffpaare an einer semipermeablen Trennwand miteinander wieder in Kontakt gebracht, wodurch sich die unter Druck stehende höher konzentrierte Lösung verdünnt und über eine Kraftmaschine entspannt wird, welche zum Antrieb einer Wärmepumpe verwendet werden kann. Durch auch während der Heizperiode anfallende Sonneneinstrahlung kann die durch osmotischen Stoffaustausch entstandene Lösung wieder entmischt und dem Reaktionsbehälter zugeführt werden. Wird bei diesem Verfahren Wasser als Lösungsmittel eingesetzt, so ist an Standorten mit ausreichend verfügbarem Zusatzwasser auch das Verdunstungsprinzip anwendbar.

Durch die Anwendung des Prinzips der Osmose können erhebliche Leistungen erzielt werden, wie nachstehende Beispielrechnung zeigt:



Es wird angenommen, es stünde ein Fluß mit einer Wasserführung  $Q_{FL} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$  zur Verfügung (was einem mittelgroßen Fluß, z.B. der Elbe entspricht), mit einer Salzfracht von  $0,5 \text{ kg/m}^3$ . An der Flußmündung soll Meerwasser mit einem Salzgehalt von  $33 \text{ kg/m}^3$  vorhanden sein (was etwa dem Meerwasser in der deutschen Bucht entspricht). Weiterhin wird angenommen, daß die zur Anwendung kommende Einspeisepumpe einen Wirkungsgrad von  $\eta_p = 0,9$  und die Turbine ebenfalls einen Wirkungsgrad von  $\eta_T = 0,9$  erreicht, was bei der beachtlichen Größe der Maschinen nicht unrealistisch ist. Der Wert  $P_{overl}$  (Bedeutung wird unten erklärt) soll über die gesamte Fläche der semipermeablen Trennwand gleichmäßig  $0,5 \text{ bar}$  betragen. Es soll eine 2-stufige Anlage entsprechend Fig. 2 zur Anwendung kommen.

### 1. Stufe

Für die 1. Verfahrensstufe wird vorgewählt, daß die höher konzentrierte Lösung (Meerwasser) der Menge  $Q_p$  im Gegenstrom zur niedriger konzentrierten Lösung (Flußwasser) der Menge  $Q_{FL}$  durch Aufnahme des Lösungsmittels Wasser der Menge  $Q_L$  durch die semipermeable Trennwand hindurch auf die doppelte Menge verdünnt wird und die sich dadurch ergebende Menge  $Q_T$  der Turbine zugeleitet wird. Damit ergibt sich:

$$1) \quad Q_T = 2 Q_p = Q_p + Q_L$$

$$2) \quad Q_L = Q_{FL} - Q_{Verl}$$

Verlustmenge des Flußwassers, die nicht als Verdünnungsflüssigkeit im Verfahren genutzt wird.

Entsprechend der Theorie, der zufolge sich die gelösten Teilchen im Lösungsmittel wie ideale Gase verhalten, ergibt sich bei  $0^\circ\text{C}$  und  $1 \text{ kmol/m}^3$  ein osmotischer Druck von  $22,7 \text{ bar}$ .

Beide beteiligten Lösungen haben eine so niedrige Konzentration, daß die gelösten Salzmoleküle vollständig dissoziiert als Ionen vorliegen, wobei sich die Ionen wie vollwertige Teilchen im Sinne des Gasgesetzes verhalten. Aus der Ionenzusammensetzung in den Lösungen ergibt sich für das Meerwasser ca.  $1,1 \text{ kmol/m}^3$  und für das Flußwasser ca.  $0,017 \text{ kmol/m}^3$ . Das Meerwasser hat damit einen osmotischen Druck von  $P_{O1E} = P_{Op} \approx 25 \text{ bar}$  und das Flußwasser hat einen osmotischen Druck von  $P_{O2E} \approx 0,4 \text{ bar}$ .

Die osmotischen Drücke sind Stoffwerte, und nur bei behinderter Volumenvergrößerung der anfangs konzentrierten Lösung tritt ein hydrostatischer Druck in Erscheinung (der durch Regelungsvorgänge einstellbar ist). Da die osmotischen Drücke den Lösungskonzentrationen proportional sind, können die im Reaktionsbehälter vorherrschenden Verhältnisse, wie in Fig. 6 für die 1. Stufe gezeigt, in einem p-Q-Diagramm veranschaulicht werden. Die Werte von Q sind in Fig. 6 auf einen Pumpendurchsatz von  $Q_p = 1 \text{ m}^3/\text{s}$  normiert. An jeder Stelle der semipermeablen Trennwand gilt die Beziehung:

$$3) P_{O1} - P_{OVerl} - P_{Stat} = P_{O2}$$

$P_{O1}$  ist dabei der osmotische Druck der am Anfang höher konzentrierten Lösung.  $P_{O1}$  nimmt am Eingang des Reaktionsbehälters den Wert  $P_{O1E} = P_{Op} \hat{=} 25 \text{ bar}$  an. Am Austritt des Reaktionsbehälters wird  $P_{O1}$  zu  $P_{OT} = \text{osmotischer Druck am Turbineneintritt}$ .

$P_{O2}$  ist der osmotische Druck der am Anfang niedriger konzentrierten Lösung.  $P_{O2}$  nimmt am Eingang des Reaktionsbehälters den Wert  $P_{O2E} = 0,4 \text{ bar}$  an.

$P_{\text{Stat}}$  ist der vorgegebene und im Betrieb durch Regelungsvorgänge eingehaltene hydrostatische Druck der am Anfang höher konzentrierten Lösung.

$P_{\text{Verl}}$  ist ein Maß für die Antriebskraft, die zur Überwindung der semipermeablen Trennwand durch das Lösungsmittel erforderlich ist. Dieser Wert würde bei unendlicher Trennwandfläche gegen Null gehen. Bei endlicher Fläche ist dieser Wert ein Maß für die Verlustleistung, die dadurch entsteht, daß ein gewisses Lösungsmittelvolumen ungenutzt mit der anfangs niedriger konzentrierten Lösung abfließt, obwohl das bei unendlicher Trennwandfläche aufgrund des vorherrschenden hydrostatischen Druckes und der vorherrschenden Lösungskonzentrationen nicht notwendig wäre.

Das Verhalten des osmotischen Druckes nach den Gesetzen für ideale Gase liefert für die anfangs konzentriertere Lösung (Meerwasser)

$$P_{\text{Op}} \cdot Q_{\text{p}} = P_{\text{Ot}} \cdot Q_{\text{T}}$$

$$4) \quad P_{\text{Ot}} = P_{\text{Op}} \cdot \frac{Q_{\text{p}}}{Q_{\text{T}}}$$

Aus Gleichung 3) erhält man die Randbedingungen:

$$5) \quad P_{\text{stat}} + P_{\text{O2E}} + P_{\text{OVerl}} = P_{\text{O1A}} = P_{\text{Ot}}$$

$$6) \quad P_{\text{stat}} + P_{\text{O2A}} + P_{\text{OVerl}} = P_{\text{O1E}} = P_{\text{Op}}$$

---


$$\begin{aligned} P_{\text{O2E}} - P_{\text{O2A}} &= P_{\text{Ot}} - P_{\text{Op}} \\ P_{\text{O2A}} &= P_{\text{O2E}} + P_{\text{Op}} - P_{\text{Ot}} \end{aligned}$$

Gleichung 4) eingesetzt ergibt:

03.05.81

$$7) \quad p_{O2A} = p_{O2E} + p_{Op} \left(1 - \frac{Q_P}{Q_T}\right) = \text{Osmotischer Druck der abfließenden anfangs niedriger konzentrierten Lösung}$$

Das Verhalten des osmotischen Druckes nach den Gesetzen für ideale Gase liefert für die anfangs niedriger konzentrierte Lösung (Flußwasser);

$$Q_{F1} \cdot p_{O2E} = Q_{Ver1} \cdot p_{O2A}$$

$$8) \quad Q_{Ver1} = Q_{F1} \cdot \frac{p_{O2E}}{p_{O2A}}$$

Gleichung 8) in Gleichung 2) eingesetzt ergibt:

$$9) \quad Q_L = Q_{F1} \left(1 - \frac{p_{O2E}}{p_{O2A}}\right) = \text{im Verfahren verwertbarer Lösungsmittelanteil (Wasser) des Flußwassers}$$

Aus Gleichung 6) erhält man:

$$10) \quad p_{Stat} = p_{Op} - p_{OVer1} - p_{O2A} = \text{hydrostatischer Druck der anfangs höher konzentrierten Lösung zwischen Pumpe und Turbine}$$

Die Leistung der 1. Stufe  $P_{ges}$  ergibt sich aus der Turbinenleistung  $P_T$  abzüglich der Pumpenleistung:

$$11) \quad P_{ges} = P_T - P_P = Q_T \cdot \Delta p_T \cdot \eta_T - Q_P \cdot \Delta p_P \cdot \frac{1}{\eta_P}$$

$\Delta p_T = \Delta p_P = p_{Stat}$  gesetzt (Strömungsverluste vernachlässigt, bzw. in  $\eta_T$  und  $\eta_P$  enthalten)

$$12) \quad P_{ges} = p_{Stat} \left( Q_T \cdot \eta_T - Q_P \cdot \frac{1}{\eta_P} \right) = \text{Leistung der Verfahrensstufe}$$

Die Rechnung mit den vorgegebenen Werten ergibt dann:

Gleichung 1) liefert :  $Q_T = 2 Q_L$  und  $Q_p = Q_L$

Gleichung 7) liefert:

$$\begin{aligned} P_{O2A} &= P_{O2E} + P_{Op} \left( 1 - \frac{Q_p}{Q_T} \right) \\ &= 0,4 \text{ bar} + 25 \text{ bar} \left( 1 - \frac{1}{2} \right) \end{aligned}$$

$$\underline{P_{O2A} = 12,9 \text{ bar}}$$

Gleichung 9) liefert:

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_{F1} \left( 1 - \frac{P_{O2E}}{P_{O2A}} \right) \\ &= 2000 \text{ m}^3/\text{s} \left( 1 - \frac{0,4}{12,9} \right) \end{aligned}$$

$$\underline{Q_L = 1938 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

daraus entsprechend Gleichung 1)

$$Q_p = 1938 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_T = 3876 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{für 2. Stufe maßgebend})$$

Gleichung 10) liefert:

$$\begin{aligned} P_{stat} &= P_{Op} - P_{Overl} - P_{O2A} \\ &= 25 \text{ bar} - 0,5 \text{ bar} - 12,9 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\underline{P_{stat} = 11,6 \text{ bar}}$$

Gleichung 12) liefert:

$$\begin{aligned} P_{ges} &= P_{stat} \left( Q_T \cdot \gamma_T - Q_p \cdot \frac{1}{\gamma_p} \right) \\ &\text{Ergebnis aus Gleichung 1) eingesetzt:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{ges} &= P_{stat} \cdot Q_L \left( 2 \cdot \gamma_T - \frac{1}{\gamma_p} \right) \\ &= 11,6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1938 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \left( 2 \cdot 0,9 - \frac{1}{0,9} \right) \end{aligned}$$

$$\underline{P_{ges} = 1549 \text{ MW} = \text{Leistung der 1. Stufe}}$$

Gleichung 2) liefert:

$$Q_{\text{verl}} = Q_{\text{Fl}} - Q_{\text{L}} = 2000 \text{ m}^3/\text{s} - 1938 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\underline{Q_{\text{verl}} = 62 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Dieser Teil wird wohl kaum einer weiteren Stufe zugeleitet werden, da es sich dabei aufgrund der meist vorzufindenden schlechten Flußwasserqualitäten in vielen Fällen um ein ziemlich schmutziges oder zühes Fluid handeln dürfte.

Gleichung 5) liefert:

$$\begin{aligned} P_{\text{OT}} &= P_{\text{stat}} + P_{\text{O2E}} + P_{\text{overl}} \\ &= 11,6 \text{ bar} + 0,4 \text{ bar} + 0,5 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\underline{P_{\text{OT}} \quad 12,5 \text{ bar}} \quad (\text{für 2. Stufe als } P_{\text{O2E}} \text{ einzusetzen})$$

## 2. Stufe

Die Formelzeichen der 2. Stufe erhalten zur Unterscheidung von der 1. Stufe ein " ' " .

Die Lösungsmenge  $Q_p$  soll auf das 1,5-fache verdünnt werden. Aus dieser Festlegung ergibt sich:

$$\begin{array}{l|l} Q'_p + Q'_L = Q'_T = 1,5 Q'_p & Q'_L = 0,5 Q'_p \\ & Q'_p = \frac{1}{0,5} Q'_L \\ & Q'_T = \frac{1,5}{0,5} Q'_L \end{array}$$

$$Q_T = Q'_{\text{Fl}} = 3876 \text{ m}^3$$

$$P_{\text{OT}} = P'_{\text{O2E}} = 12,5 \text{ bar}$$

$$P_{\text{Op}} = P_{\text{O1E}} = P'_{\text{Op}} = P'_{\text{O1E}} = 25 \text{ bar}$$

$$P_{\text{overl}} = P'_{\text{O verl}} = 0,5 \text{ bar}$$

Gleichung 7) liefert:

$$\begin{aligned} p'_{O2A} &= p'_{O2E} + p'_{Op} \left( 1 - \frac{Q_p}{Q_t} \right) \\ &= 12,5 \text{ bar} + 25 \text{ bar} \left( 1 - \frac{1}{1,5} \right) \\ \underline{p'_{O2A} &= 20,8 \text{ bar}} \end{aligned}$$

Gleichung 9) liefert:

$$\begin{aligned} Q'_L &= Q'_{F1} \left( 1 - \frac{p'_{O2E}}{p'_{O2A}} \right) \\ &= 3876 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \left( 1 - \frac{12,5}{20,8} \right) \\ \underline{Q'_L &= 1547 \text{ M}^3/\text{s}} \end{aligned}$$

Gleichung 10) liefert:

$$\begin{aligned} p'_{\text{stat}} &= p'_{\text{op}} - p'_{\text{O verl}} - p'_{\text{O2A}} \\ &= 25 \text{ bar} - 0,5 \text{ bar} - 20,8 \text{ bar} \\ \underline{p'_{\text{stat}} &= 3,7 \text{ bar}} \end{aligned}$$

Gleichung 12) liefert:

$$\begin{aligned} P'_{\text{ges}} &= p'_{\text{stat}} \left( Q'_T \cdot \eta_T - Q'_P \cdot \frac{1}{\eta_P} \right) \\ &= p'_{\text{stat}} \cdot Q'_L \left( \frac{1,5}{0,5} \cdot 0,9 - \frac{1}{0,5 \cdot 0,9} \right) \\ &= 3,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 1547 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot (2,7 - 2,2222) \\ \underline{P'_{\text{ges}} &= 273 \text{ MW}} \quad \text{Leistung der 2. Stufe} \\ &===== \end{aligned}$$

Die Summe der Leistungen aus beiden Stufen ergibt sich zu:

03.18.81

$$\begin{aligned}\Sigma P &= P_{\text{ges}} + P'_{\text{ges}} \\ &= 1549 \text{ MW} + 273 \text{ MW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma P &= 1822 \text{ MW} \\ &=====\end{aligned}$$

Unter den gewählten Verhältnissen ergibt sich damit eine erzielbare Leistung von 1822 MW, wobei diese Rechnung noch keine Maximierungsrechnung darstellt

Weltweit fließen den Meeren ständig ca. 1.200 000 m<sup>3</sup>/s an Flußwasser zu. Unter Zugrundelegung ähnlicher Verhältnisse wie in der Beispielrechnung ergibt sich daraus eine erzielbare Leistung von 1 093 000 MW.

Mit Hilfe des Prinzips der Eindampfung und Verdunstung kann die weltweit erzielbare Leistung noch wesentlich gesteigert werden.

#### Verwendete Formelzeichen:

- $P$  = Leistung [MW, kW]  
 $p$  = Druck [bar, N/m<sup>2</sup>]  
 $\eta$  = Wirkungsgrad  
 $Q$  = Volumenstrom [m<sup>3</sup>/s]

#### Verwendete Indices (können in Kombination auftreten)

- stat = statisch ( z.B. hydrostatischer Druck)  
 ges = gesamt  
 verl = Verlust  
 o = Osmotisch ( z.B. osmotischer Druck, osmotischer Verlust)  
 1 = anfangs konzentriertere Lösung, Flüssigkeit 1  
 2 = anfangs dünnere Lösung, Flüssigkeit 2  
 T = Turbine  
 P = Pumpe



3121968

00-08-81

-24-

F1 = Fluß ( z.B. Flußwasserstrom )  
L = Lösungsmittel ( z.B. Wasseranteil )  
E = Eintritt Reaktionsbehälter  
A = Austritt Reaktionsbehälter

- 25 -  
Leerseite

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



03-05-81

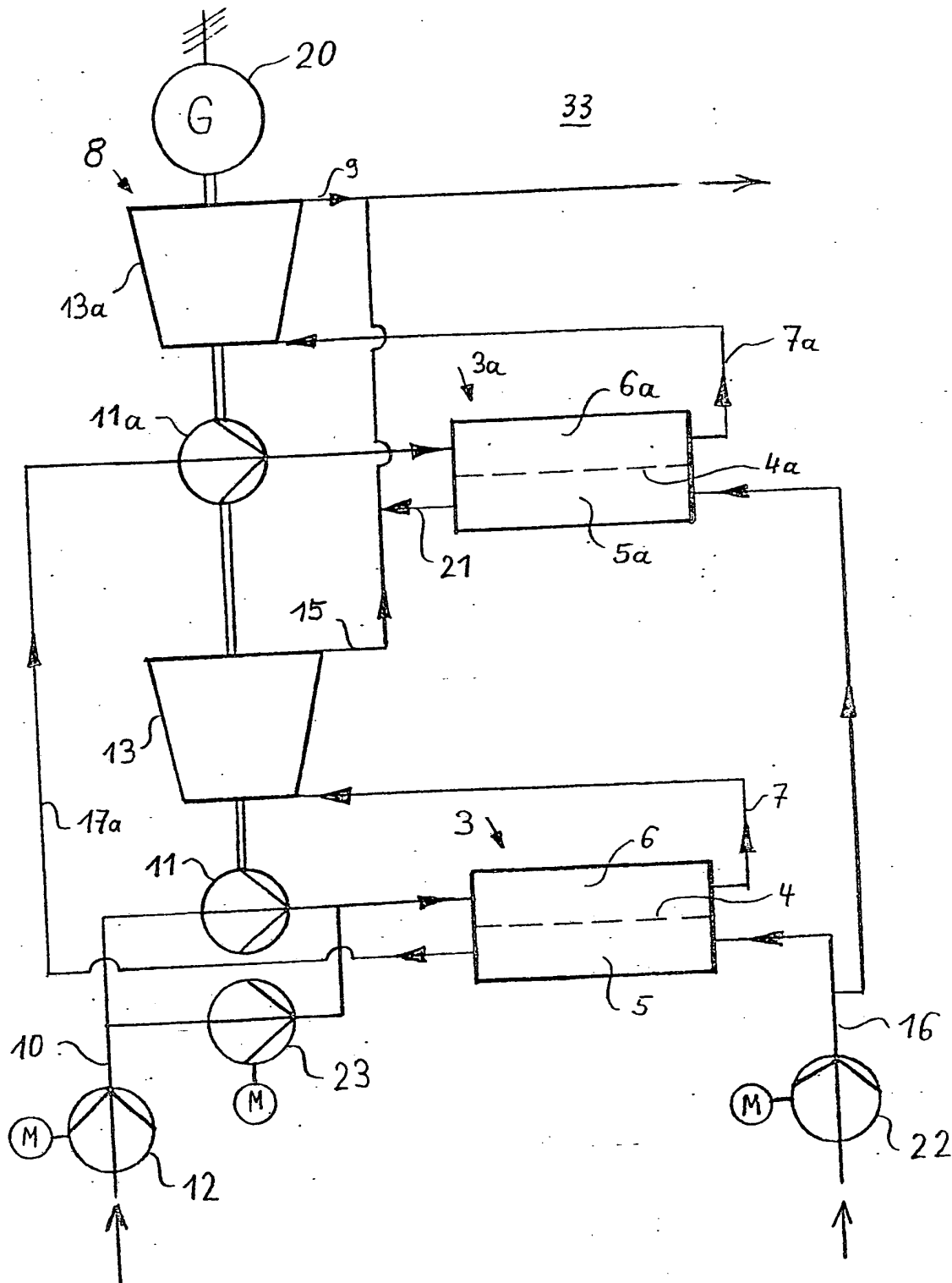


Fig. 3

03.06.81

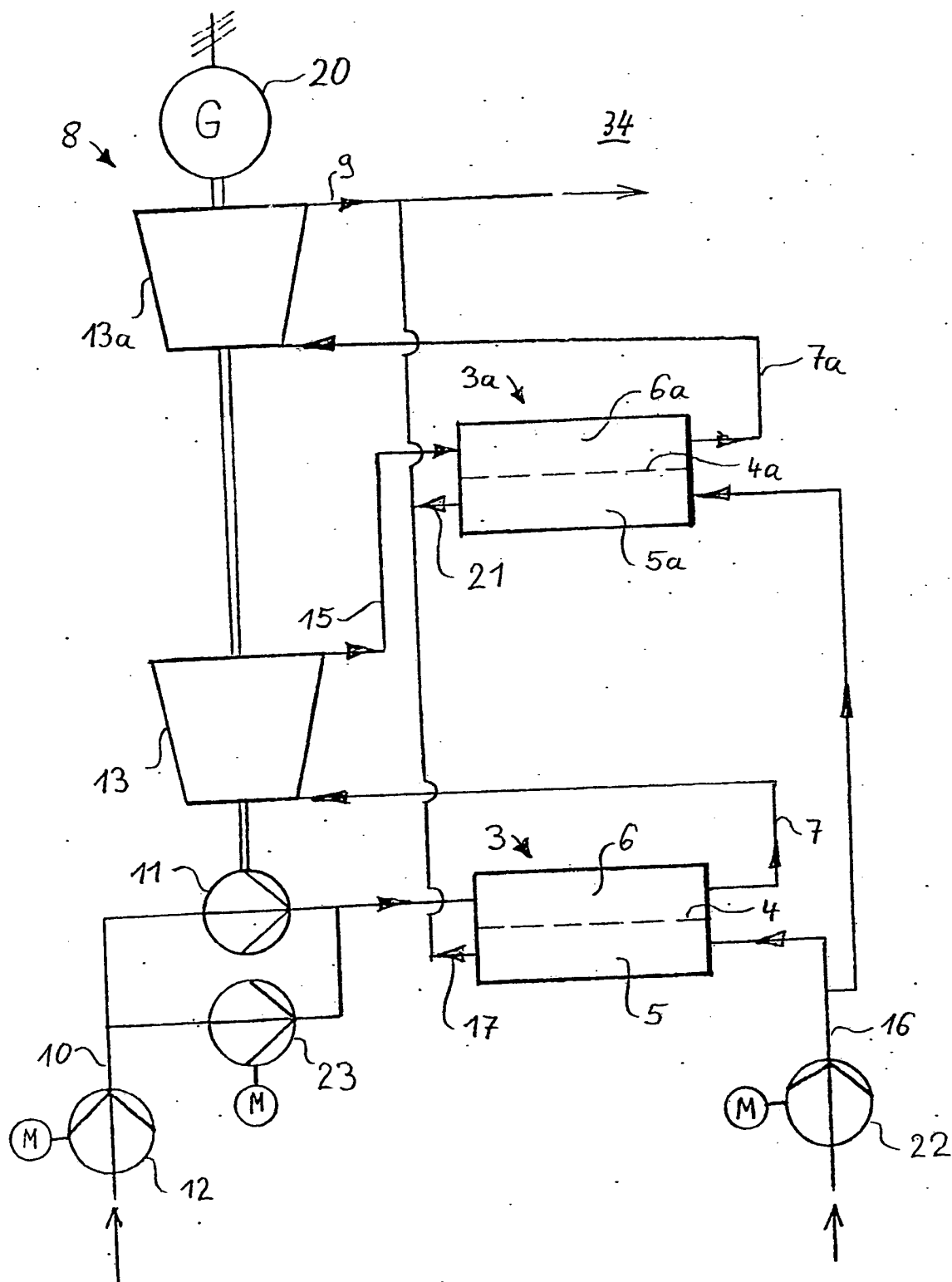


Fig. 4

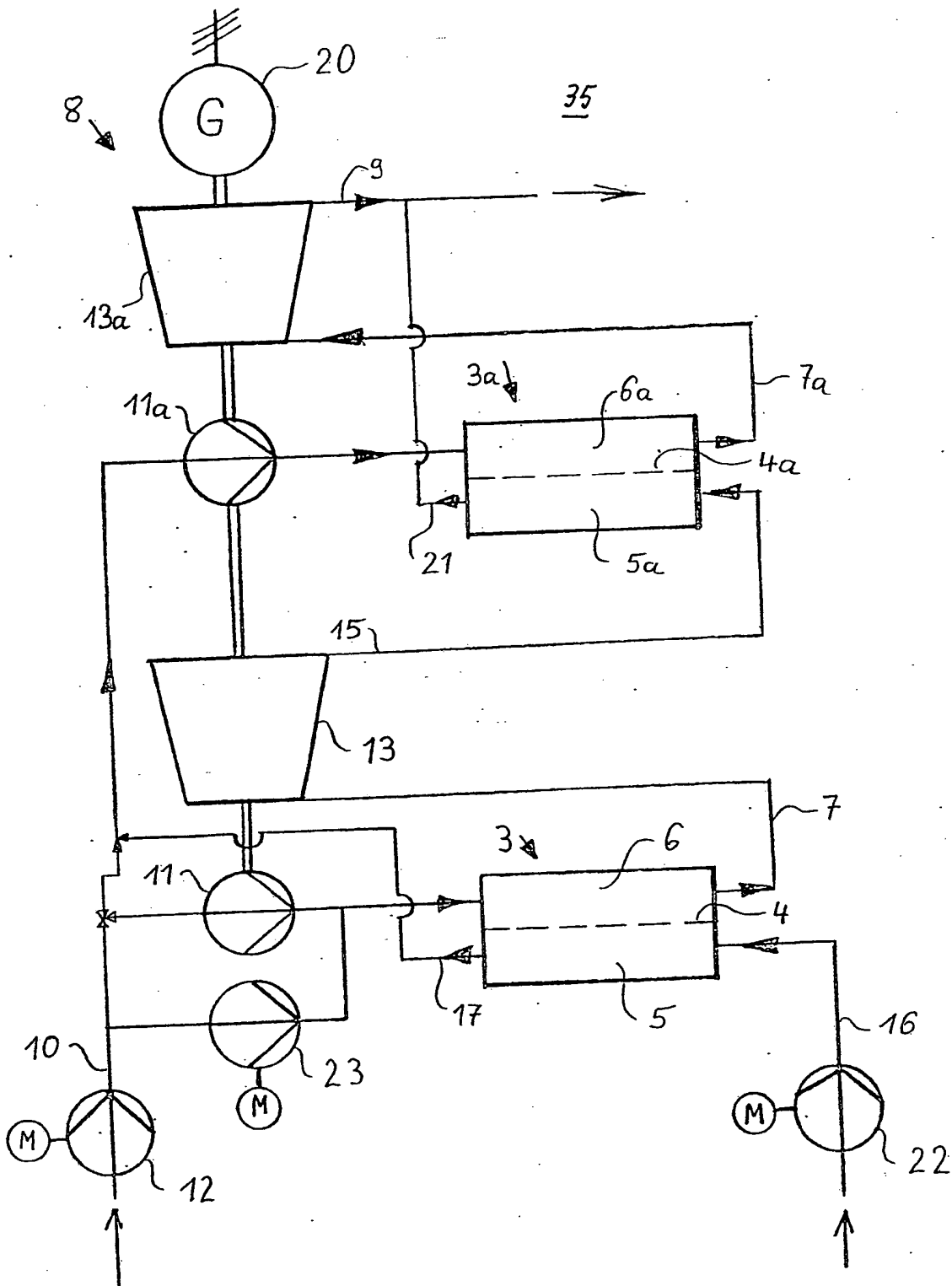


Fig. 5

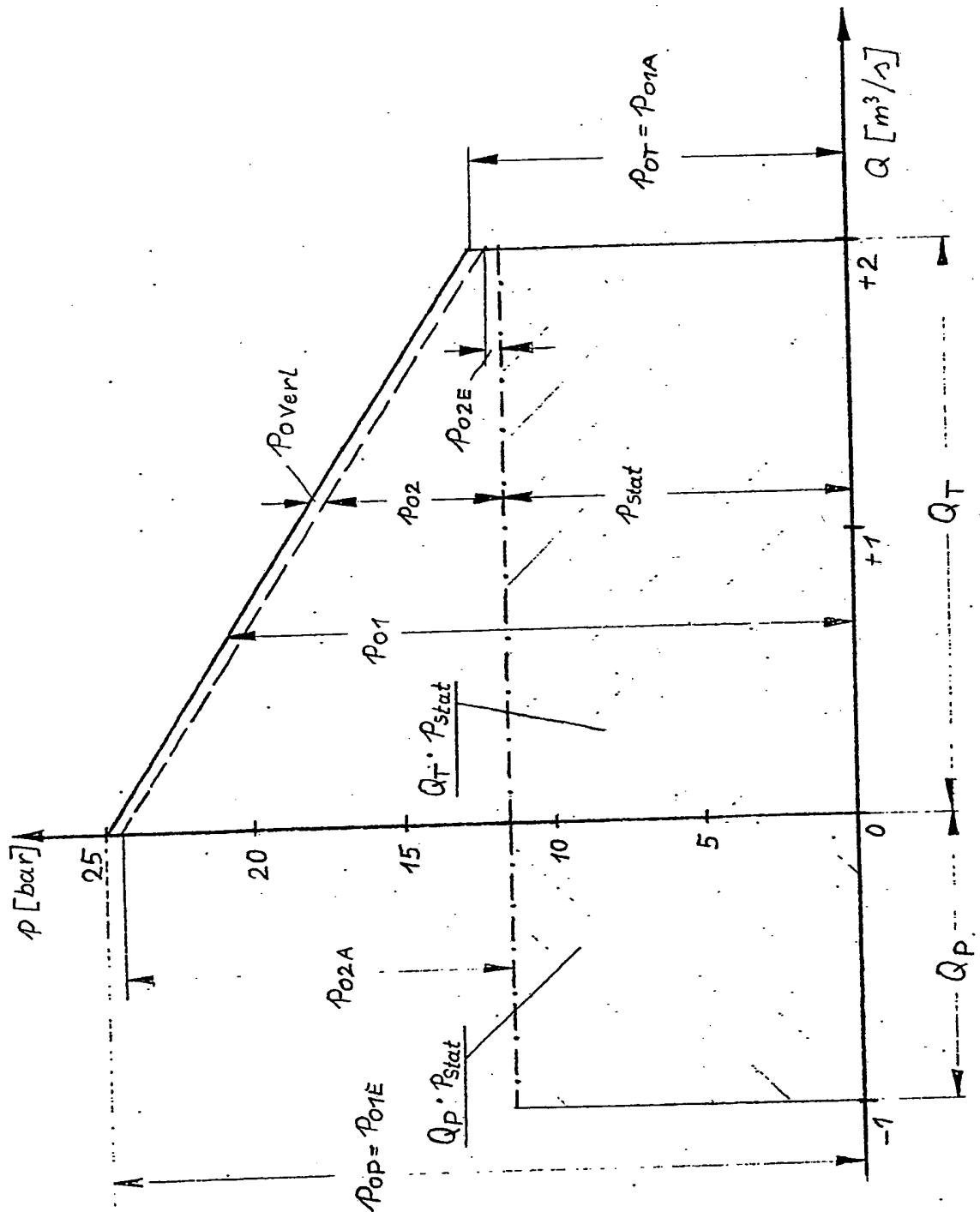


Fig. 6

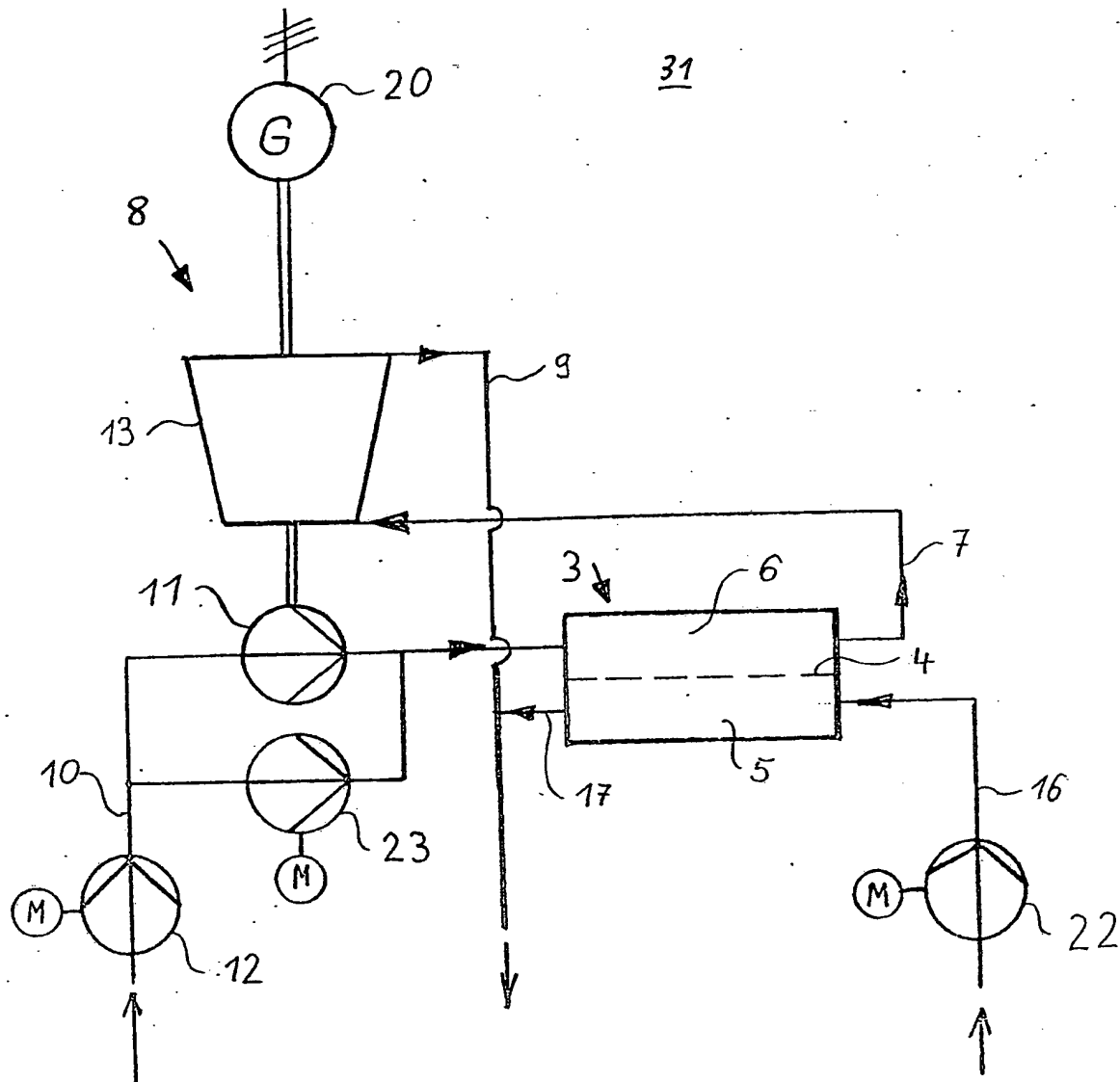


Fig. 1